

日本産マルハナバチの室内飼育に関する研究

第1報 オオマルハナバチ女王蜂の低温処理による室内継代飼育

浅田 真一・鈴木 誠・奥村 一・矢吹 駿一・小野 正人*

Study of the Mass-production of Japanese Native Bumblebees(*Bombus* spp.)
for crop pollination.

I Method of the Year-round Rearing of Japanese Bumblebee(*Bombus hypocrita hypocrita*) in Laboratory.

Shin'ichi ASADA, Makoto SUZUKI, Ichi OKUMURA,
Shun'ichi YABUKI, Masato ONO*

摘 要

日本産マルハナバチの大量増殖で重要となる継代処理技術の開発を試みた。室内飼育で得た第2世代目のオオマルハナバチ(*Bombus hypocrita hypocrita*)の女王蜂を実験室内で交尾させた後に5℃条件下で約4ヶ月の低温処理をしたところ、営巣行動を誘導させることに成功した。

74頭の供試虫のうち34頭が低温下での覚せい終了時まで生存し造巣実験に供され、それらの内20頭が産卵するに至った。成長した群のサイズを、働き蜂、女王蜂の生産数でみたところ、40頭以上の働き蜂を生産した女王蜂は覚せい処理終了までに生存した34頭の内12%であり、同様に10頭以上の女王蜂を生産した女王蜂は9%であった。

本研究において、実用規模での受粉に使用しうるサイズの群が室内継代飼育条件下で得られることが確認されたが、大量増殖の鍵を握る新女王蜂の生産数は十分とは言えなかった。また、低温処理後の覚せいとその後の飼育時における女王蜂の生存率の低下も問題として挙げられたが、これに関しては供試女王蜂の羽化後の日齢を考慮することで改善しうる事が分かった。

キーワード：オオマルハナバチ、低温処理、室内飼育、送粉昆虫

Summary

Effective techniques for the artificial induction of nesting by laboratory-reared queens were studied for the year-round mass production of *B. hypocrita hypocrita*, a promising native pollinator of greenhouse tomatoes in Japan. The main results are as follows:

1. Artificial induction of nesting by the queens, *B. hypocrita hypocrita* succeeded. Chilling in a refrigerator at 5°C for 4 months was effective to induce nest initiation by the queens. We introduced 74 queens into the refrigerator and 34 queens survived during the chilling and acclimatization treatments.
2. Twenty queens out of 34 started egg laying. Twelve % of them produced 40 workers and 9 % of them produced 10 progeny queens.
3. Although the number of progeny queens from the laboratory-reared colonies was small, we have

*玉川大学農学部昆虫学研究室

succeeded in obtaining suitable colonies for practical pollination in a year-round rearing system. We confirmed that the high mortality of queens during the chilling and acclimatization treatments was related to the age of the progeny queen used in the experiment, since the mortality tended to decrease with the passage of days after emergence of the queens.

Keywords: *Bombus hypocrita hypocrita*, chilling treatment, laboratory rearing, pollinator

緒 言

近年、農業生産において、農地周辺に土着している受粉・送粉昆虫(ポリネーター)に依存する以外に、人為的にポリネーターを管理する技術が広がり、それに伴い、ポリネーターの商業生産も拡大している⁹⁾。欧州で商品化されたセイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*)も1991年に日本に試験導入されて以来、施設トマトのポリネーターとして、急速に普及した⁷⁾。日本に導入されたセイヨウオオマルハナバチは、ホルモン処理による着果作業の省力化と空洞果の発生を抑えるといったメリットがある一方、輸入種が野性化した場合の日本在来種のマルハナバチとの競合やマルハナバチの病気・天敵類の持ち込みといった問題点も指摘されている⁹⁾¹⁰⁾。マルハナバチは、自然生態系でも、特定の植物との関係を持った重要なポリネーターであることが報告されており⁸⁾、在来種マルハナバチ相への悪影響は、それに受粉・送粉を依存している植物相にも影響を及ぼす可能性が指摘されている¹⁰⁾。しかし、既にトマト生産者にとって、マルハナバチは既に手放せない技術になっている。そこで、これらの問題を解決する一つの方法として日本在来種のマルハナバチをセイヨウオオマルハナバチの様に利用することが考えられた¹⁰⁾。

野性のマルハナバチは、春に越冬から覚めた女王蜂が1頭で営巣し、夏から秋にかけて、働き蜂を増やし、成熟した巣で、翌年巣を作る新女王蜂とオス蜂の生殖虫を生産するといった生活史をもつ。新女王蜂は交尾後、翌春まで越冬し、営巣に入る。野外で営巣を始める時期の女王蜂を採集し、室内で強制的に営巣させることも可能であり、これらの巣でもトマトのポリネーターとして有効であることが確認された²⁾。神奈川県でも3~4割の施設トマト農家が、マルハナバチを利用していると推定されており、すでにこのポリネーターはトマトの安定生産に欠かせないものとなっている。

本県での施設トマトでのマルハナバチの主な利用期間は12月から5月であり、この期間に合わせてマルハナバチ

を供給するための飼育技術を確立する必要がある。また、野外からマルハナバチを採集するといった生態的なリスクを最小限に抑えるためにも、室内での周年増殖技術が望まれている。

オオマルハナバチ(*Bombus hypocrita hypocrita*)は、セイヨウオオマルハナバチと同亜属で、飼育に関する研究も行われているが¹¹⁾、セイヨウオオマルハナバチのような継代飼育に関する報告はない。そこで、オオマルハナバチについて、野外での越冬条件を再現した低温処理による継代飼育を行うとともに、供試する新女王蜂の羽化後の日齢と継代飼育時の生存率の関係を明らかにした。

材料及び方法

1. 供試虫の採集と飼育条件

越冬後、野外で訪花活動をしている単独期のオオマルハナバチの女王蜂を、1997年5月に山梨県忍野村、静岡県小山町で採集した。これらの女王蜂を¹¹⁾に従い、木製の飼育容器に入れ $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ RH条件下で飼育した。

飼育容器は、営巣開始期では小型の容器を、働き蜂羽化後からは大型の容器の2種類を使用した。小型容器は、外寸 $15 \times 8 \times 7\text{cm}$ (縦×横×高)で、営巣と餌場の2部屋に仕切って使用した。大型の木製容器は、外寸 $24 \times 17.5 \times 12\text{cm}$ であり、小型容器同様、 $15 \times 17.5 \times 12\text{cm}$ の営巣室と、 $8 \times 17.5 \times 12\text{cm}$ の飼料室に分けて使用した。

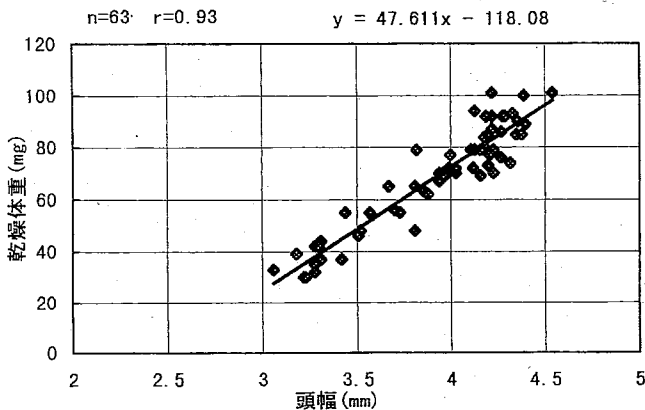
営巣させたコロニーから新女王蜂・オス蜂を交尾させるために、ステンレス製の金網(3mmメッシュ)で作成したケージ($50 \times 50 \times 50\text{cm}$)に入れた。ケージには女王蜂とオス蜂を1:2の割合で入れ、50%ショ糖溶液と花粉を飼料にして、 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 、自然日長下に1週間放置した。

オス蜂は、羽化後15日以内のものを供試した。

2. 室内飼育での新女王蜂と野外での女王蜂の頭幅の比較

女王蜂の形質評価の一つとして、野外個体と室内飼育

個体の形態的な比較を行った。昆虫の個体の大きさを評価する方法として、頭幅が用いられるが、オオマルハナバチでは、これらの測定例がない。そこで、働き蜂63個体について頭幅と乾燥体重を測定したところ、両者には正の相関関係が認められた(第1図)。このことから、オオマルハナバチでも頭幅が個体ごとの大きさを評価する指標になることが明らかになったことから、供試女王蜂を形態的に比較するために頭幅を用いた。



第1図 オオマルハナバチ働き蜂の乾燥体重と頭幅の関係

3. 低温処理と処理後の覚せい

交尾処理後の女王蜂をバーミキュライトの入ったプラスチック容器(内径3cm, 高さ4cm)に1頭ずつ入れた。この容器をあらかじめバーミキュライトを入れたプラスチック容器(24×33×9cm)に埋め込み、¹³⁾に従い、5℃±1に4ヶ月間、置いた。

低温室に移した後、2週間ごとに生存率を低温室内で調査した。低温処理中の女王蜂は、バーミキュライト上で定位しており、容器を軽くたたくと前肢をあげるような反応を見せた。この反応で生存個体を判定し、反応しない個体については、容器から出して、生死を判定した。調査時に死亡した個体については、交尾をしている女王蜂だけを供試虫にするために、解剖し受精囊中の精子の有無から交尾を確認し、未交尾の女王蜂数を供試虫数から除いた。

4ヶ月後、25℃±3℃、自然日長下の部屋に移し、女王蜂をバーミキュライトを敷いた38cm×34×25のケージに入れ、7~10日間の覚醒処理を行った。覚せい処理後、前記の女王蜂の飼育条件に移し、営巣させた。営巣規模は、働き蜂及び新女王蜂の生産数で評価した。

5. 供試女王蜂の羽化後の日齢

第1表に示したように、新女王蜂は、個体毎に交尾開始時の羽化後の日数を記録して、交尾ケージに入れた新

第1表 継代処理を始めた時の女王蜂の各供試番号内での平均日齢*

供試番号	供試女王蜂数	平均日齢	標準偏差	最低	最高
1	15頭	7.2日	2.3日	5日	11日
2	8	16.1	2.3	11	18
3	6	17.3	5.2	13	24
4	17	9.6	5.1	2	17
5	5	9.8	1.6	8	11
6	7	5.7	3.7	2	10
7	8	10.6	2.0	7	14
8	18	10.8	2.9	6	13
9	14	13.8	5.8	2	20

*平均日齢：供試番号内での女王蜂の羽化後の日数の平均

女王蜂の集団ごとに、平均の日齢を算出した。

さらに、異なる2群を用いて、それぞれの群から平均日齢の異なる女王蜂の集団を2つずつ作り、各処理時の生存率を同一群の供試虫で比較した。

結 果

1. 野外採集及び室内飼育の女王蜂の頭幅の比較

第2表に1997年に採集したオオマルハナバチの女王蜂と飼育個体との平均頭幅を示した。Mann-Whitney U-検定の結果、両者には有意差は認められず、今回継代飼育に供した女王蜂と野外個体との間には、体の大きさの差はなかった。

2. 室内飼育女王蜂の頭幅と交尾成立及び低温処理中の死亡との関係

室内での交尾条件で、交尾した女王蜂の平均頭幅は5.42mm、しなかった女王蜂では5.34mmであり、Mann-Whitney U-検定の結果、両者には有意差は認められなかった(第3表)。

第2表 野外採集個体と飼育個体のオオマルハナバチ女王蜂の頭幅の比較

	供試虫数	平均頭幅	標準偏差	最低値	最大値
野外採集個体	33	5.46mm	0.13	5.21mm	5.67mm
飼育個体	78	5.42	0.14	4.89	5.70

Mann-Whitney U-検定で有意差無し

第3表 室内飼育女王蜂の頭幅と室内条件下での交尾成立との関係

	供試虫数	平均頭幅	標準偏差	最低値	最大値
交尾成立	78	5.42mm	0.14	4.89mm	5.70mm
交尾なし	26	5.34	0.20	4.93	5.66

Mann-Whitney U-検定で有意差無し

第4表 室内飼育女王蜂の頭幅と低温処理時の生死との関係

低温処理時の生死	女王蜂数	平均頭幅	標準偏差	最低値	最大値
生存供試虫	50	5.42mm	0.13	4.89mm	5.69mm
死亡供試虫	28	5.42	0.15	5.14	5.70

Mann-Whitney U-検定で有意差無し

同様に、4ヶ月間の低温処理中に死亡した女王蜂と生存していた女王蜂の体の大きさを比較したところ、両者とも平均頭幅は、5.42mmであり、Mann-Whitney U-検定の結果、有意差は認められなかった(第4表)。

3. 低温、覚せい処理、飼育時の生存率

低温処理をした女王蜂の生存率は、4ヶ月後で72%であった(第2図)。1ヶ月ごとの生存率は徐々に低下する傾向にあった。

低温処置後の覚醒処理及び飼育に入ってから1ヶ月間の生存率を第5表に示した。低温処理時よりも覚醒・飼育時での死亡率が高く、女王蜂を飼育容器に入れに入れて、飼育室に移してから1ヶ月後の生存率は24%であった。

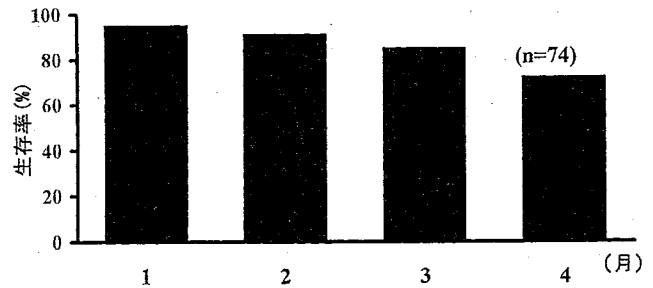
4. 継代処理後の飼育試験

74頭の供試虫のうち20頭が産卵し、営巣率は27%であった。しかし、野外採集の女王蜂よりも低温処理した女王

第5表 供試女王蜂の各処理後の生存率及び産卵率

供試番号	供試女王蜂数	交尾個体数	生存率			
			低温処理*	覚せい**	飼育***	産卵率****
1	15頭	12頭	75%	58%	50%	58%
2	8	7	43	14	0	0
3	6	3	67	67	0	0
4	17	17	71	29	59	12
5	5	5	60	60	60	60
6	7	6	58	58	33	0
7	8	6	100	50	33	33
8	18	12	58	58	33	42
9	14	6	83	17	0	17
計	98	74	72	46	24	27

- *低温処理時の生存率(%)
= (低温処理後に生存していた女王蜂数 - 未交尾女王蜂数) / 74頭 × 100
- **覚せい処理時の生存率(%)
= (覚せい処理後に生存していた女王蜂数 - 未交尾女王蜂数) / 74頭 × 100
- ***飼育1ヶ月での生存率(%)
= (飼育開始1ヶ月後に生存していた女王蜂数 - 未交尾女王蜂数) / 74頭 × 100
- ****産卵率(%)
= (産卵を確認した女王蜂数 - 未交尾女王蜂数) / 74頭 × 100



第2図 低温(5°C)処理下でのオオマルハナバチ女王蜂の生存率の推移

蜂の方が、低い産卵率を示した(第6表)。また、成長した群の大きさを、働き蜂、女王蜂の生産数で見たとところ、40頭以上の働き蜂を生産した群は12%(第6表)、10頭以上の女王蜂を生産した群が9%であった(第7表)。

5. 供試女王蜂の羽化後の日齢と継代処理時の生存率との関係

新女王蜂を飼育箱から取り出し、交尾用の容器に入れた時点での羽化後の日齢と各処理時の生存率の関係を第3図に示した。いずれの処理時でも供試虫の平均日齢が高いほど生存率が低い傾向が見られた。特に平均日齢が10日以上を経過している女王蜂の集団における、生存率

第6表 低温処理後のオオマルハナバチの産卵率及び営巣規模

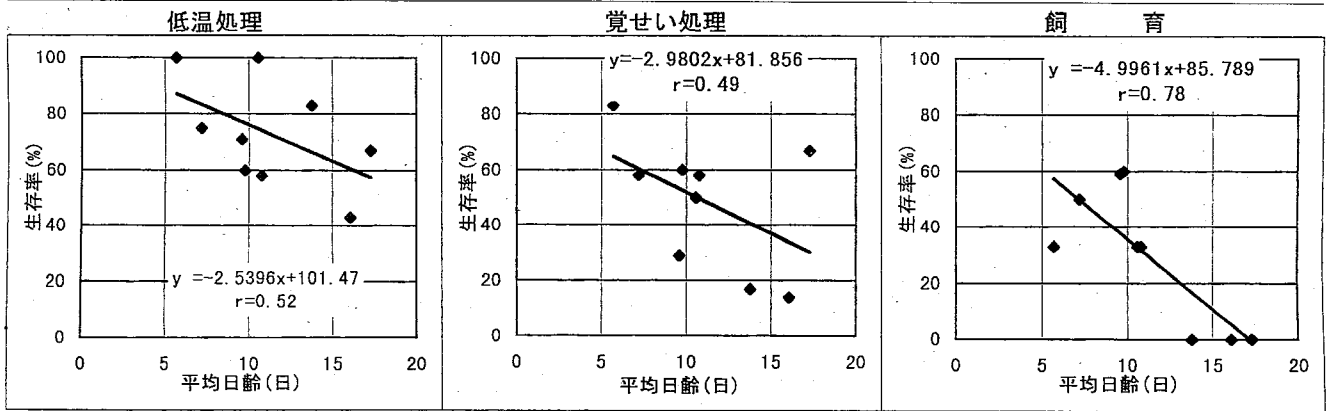
	供試虫数	産卵率**	働き蜂生産数別の営巣規模(%)***			
			0	1-40	41-80	>80(頭)
野外採集	58	91%	17	48	29	3
室内飼育	34*	62	65	24	6	6

- *飼育試験の供試虫で、覚せい終了までに死亡した個体は除く。
- **産卵率(%)
= (産卵を確認した女王蜂数 - 未交尾女王蜂数) / 34頭 × 100
- ***働き蜂生産数別の営巣規模(%)
= (各働き蜂生産数区分内の群数 / 34頭) × 100
各コロニーごとの総働き蜂生産数は40頭ごとに区分した。

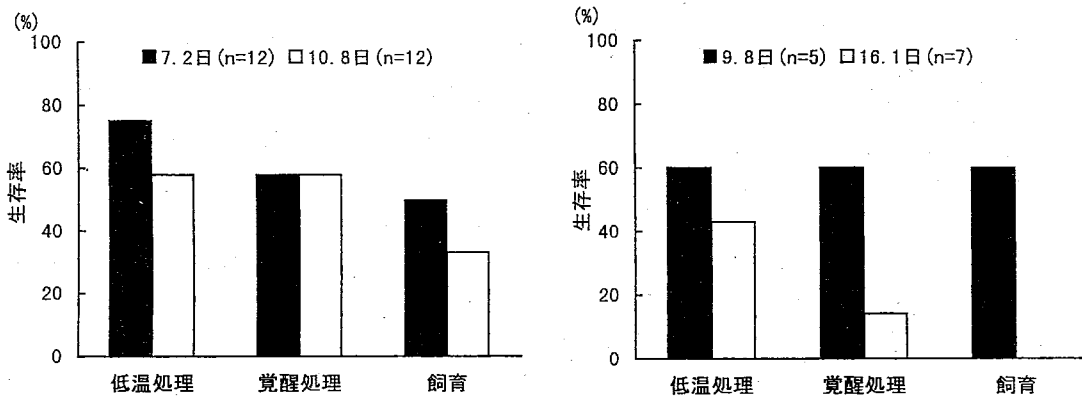
第7表 低温処理後のオオマルハナバチの営巣群による新女王蜂生産数

	供試虫数	女王蜂生産数別の営巣規模(%)**			
		0	1-10	11-20	>20(頭)
野外採集	58	45	36	14	5
室内飼育	34*	76	15	0	9

- *飼育試験の供試虫で、覚せい終了までに死亡した個体は除く。
- **女王蜂生産数別の営巣規模(%)
= (各女王蜂生産数区分内の群数 / 34頭) × 100
各コロニーごとの総女王蜂生産数は10頭ごとに区分した。



第3図 供試女王蜂の平均日齢各処理終了時及び飼育1ヶ月後の生存率の関係



第4図 交尾処理開始時の平均日齢の異なる女王蜂の集団間での継代処理時の生存率の比較

*異なる2群を用いて、それぞれの群から平均日齢の異なる女王蜂の集団を2つずつ作り、各処理時の生存率を同一群の供試虫で比較した。

の低下が大きい傾向が見られた。

これらの影響を詳しく見るため、異なる2群を用いて、それぞれの群から平均日齢の異なる女王蜂の集団を2つずつ作り、各処理時の生存率を同一群の供試虫で比較したところ、両群とも、供試女王蜂の平均日齢が経過している集団の方が、各処理時の生存率が低い傾向が認められた(第4図)。以上のことから、継代処理時の生存率には、供試女王蜂の羽化後の日齢が影響していることが示唆された。

考 察

マルハナバチの人工飼育は、すでに営巣している群を巣箱に収容して、野外に自由に飛び出せるような方法から始まった¹⁰⁾。次に、これから営巣を始める女王蜂を採集して、女王蜂1頭から営巣させる飼育方法が改良された¹²⁾。この方法は、働き蜂を巣箱内で飼育することから、現在の大量飼育方法の基礎になっている。継代飼育については、実用化されたセイヨウオオマルハナバチについて、低温処理による人工越冬と二酸化炭素による麻酔での休眠回避の2方法が報告されている¹³⁾。二酸化炭素による麻酔をオオマルハナバチで行ったところ、処理後の

女王蜂の産卵は確認されたものの群が小さく、この方法だけでは実用的ではないと考えられた³⁾。

本研究では、オオマルハナバチでも低温処理による室内での継代飼育ができることが確認された。営巣率は野外個体の飼育結果に比べて低く、その主要因が、低温処理後の覚せい期間と飼育期間における女王蜂の生存率の低下に起因していたことが分かった。本試験に供試した女王蜂の体の大きさは、野外個体との差はなく、さらに室内での交尾の成立及び低温処理期間中の生存数に影響する要因ではないことが示唆された。一方、供試女王蜂の生存率は、交尾用の容器に移した時点での女王蜂の羽化後の日齢と関係があり、継代飼育の場合には、交尾開始までに羽化後10日以上経過させないことが、増殖率の向上につながることを示唆された。ただし、女王蜂の羽化後の日齢の経過の影響については、¹⁾女王蜂の低温処理に入る適期を示している、²⁾飼育容器内で日齢が経過することによって、新女王蜂が弱ってしまい、その結果、活動が抑えられた低温処理条件から常温に戻した時に死亡する、といった要因が考えられた。

野外での女王蜂は、秋期から翌年の春期までの約7~9ヶ月を休眠状態であるが、今回、4ヶ月の低温処理で営巣させることに成功した。県内での施設トマトでは、

冬期に受粉を必要とする作型が多く、マルハナバチの需要は野外の生活史と、時間的なずれが生じる。マルハナバチの周年供給を実現させるうえでも、越冬期間の調節によって飼育サイクルを短縮させることが重要であると考えられた。

低温処理時及び処理後の覚せい・飼育時に死亡した個体には、しばしば中腸の白濁、黒化、体内組織の硬化等の症状が見られた。また、これらの個体の中腸内には無数の細菌類が観察された。営巣を誘導させるための人工的な処理によって弱ってきた女王蜂が、これらの病害の影響を受けて、死亡していることも考えられる。マルハナバチについて、欧米ではカビ、ウイルス、原虫などの病害虫の存在が知られているが^{1) 4) 9)}、国内でのこれらの知見は乏しく、マルハナバチの大量増殖には、その病害、天敵類の整理、及びその対処策の確立が不可欠と考えられた。

ポリネーターとしてマルハナバチを大量生産するためには、飼育技術を確立する事に加え、目的とする形質のコロニーを効率よく生産する必要がある。セイヨウオオマルハナバチでは、コロニーの形成過程で女王蜂ごとに、繁殖カストの生産時期などの生態的な特徴に違いがあることが報告されている⁵⁾。日本在来種であるオオマルハナバチについても、継代飼育が可能となったことから、今後はコロニーごとの成長過程を評価し、これらの形質の遺伝性を明らかにする必要があると考えられた。

謝 辞

本研究は、玉川大学との共同研究で行ったものであり、玉川大学農学部昆虫学研究室の佐々木正己教授に謝意を表す。

引用文献

- 1) Alford, D.V. (1976): Bumblebee. Davis-Poyner, London, 352pp.
- 2) Asada, S. and M. Ono (1996): Crop pollination by Japanese Bumblebee, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae): Tomato foraging behavior and pollination efficiency. *Appl. Entomol. Zool.* 31, 581-586.
- 3) 浅田真一, 小野正人 (1997): セイヨウオオマルハナバチを取り巻く諸問題の解決に向けて. 保全生態学研究 2: 105-113.
- 4) de Ruijter, A. (1997): Commercial bumblebee rearing and its implications. *Proc. 7th Int'l Symp. on Pollination. Acta Hort.* 437, 261-269.
- 5) Duchateau, M.J. and H.H.W. Velthuis (1988): Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour.* 107, 186-207.
- 6) Free, J.B. (1993): *Insect Pollination of Crops*, 2nd ed. Academic Press, London, 684pp.
- 7) 岩崎正男 (1995): 日本へのマルハナバチ利用技術の導入. *ミツバチ科学.* 16, 17-23.
- 8) Kato, M. (1993): Flowering phenology and anthophilous insect community in the Cool-Temperate subalpine forests and meadows at Mt. Kushigata in the central part of Japan. *Contributions from the Biologica.* 28, 119-172.
- 9) Macfarlane, R. P., J.L. Lipa and H.J. Liu (1995): Bumblebee pathogens and internal enemies. *Bee World.* 76, 130-148.
- 10) 小野正人 (1995): いま注目される昆虫機能利用—マルハナバチと生物農薬—. *インセクトリウム.* 32, 4-9.
- 11) Ono, M., M. Mitsuhashi and M. Sasaki (1994): Use of introduced *Bombus terrestris* worker helpers for rapid development of Japanese native *B. hypocyrtus* colonies (Hymenoptera: Apidae). *Appl. Ent. Zool.* 29, 413-419.
- 12) Plowright, R.C. and S.C. Jay (1966): Rearing bumblebee colonies in captivity. *J. Apicul. Res.* 5, 155-165.
- 13) Röseler, P. F. (1985): A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, Bombini) colonies in captivity. *Apidologie.* 16, 165-170.
- 14) Sladen, F.W.L. (1912): *The humble-bee, its life history and how to domesticate it.* pp. 225. Macmillan, London.
- 15) 鷲谷いづみ (1998): 保全生態学からみたセイヨウオオマルハナバチの侵入問題. *日本生態学会誌.* 48, 73-78.